Journal of Aquaculture Development
Vol. 19, No. 4, 2026, Pages: 14-26
DOI: 10.71901/jad-2025-3-870

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

The Effect of Dietary Lecithin on the Fillet Fatty Acid Profile of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Raised in Saline and Brackish water

Biabani Asrami, M.[1], Sudagar, M.[1*] Agh, N.[2], Paknegad, H.[1], Noori, N.[2]

1-Department of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2-Department of Biology and Aquaculture, Faculty of Artemia and Aquaculture Institute, Urmia University, Urmia, Iran

Received: 17 October 2024 **Accepted: 21 November 2024**

Abstract

Introduction: Considering the limited access to saline waters in various regions of the country, shrimp farming in brackish water emerges as a necessary approach. The Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) has the capability to grow in low salinity environments. This study aimed to determine the effects of dietary lecithin on the fatty acid profile of Pacific white shrimp produced in both saline and brackish water conditions.

Materials and Methods: A total of 2,100 post-larvae with an average weight of approximately 176.00±1.00 mg were obtained and divided into two experimental groups. One group was gradually acclimated to a salinity of 8 grams per liter, while the other group was raised at a salinity of 26 grams per liter. Subsequently, the effects of different levels of lecithin (0, 1, 3, 5, and 7 percent) in the diet (five concentrations) and under saline and brackish conditions (two salinity levels) on the fatty acid profile of Pacific white shrimp (10 treatments with three replicates) were assessed after nine weeks.

Results and Discussion: Results indicated that in the various treatments, the fatty acids myristic (C14), palmitic (C16), and palmitoleic (C16:1N7) did not show significant differences (P>0.05). However, the highest levels of stearic (C18), eicosanoic (C20), and EPA (C20:5N3) were observed in the 5% HS treatment (p<0.05). Additionally, significant amounts of eicosenoic (C20:1N9) and lignoceric (C24) acids were found in the 0% HS treatment (p<0.05). In the examination of brackish water, the highest levels of myristic, eicosenoic, EPA, and lignoceric acids were recorded in treatment 9, while palmitic and stearic acids were noted in the 1% LS treatment (p<0.05).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-870]

Conclusion: This study demonstrates that the composition and ratio of fatty acids are influenced by the type of rearing environment, with certain treatments exhibiting significantly superior fatty acid profiles. The effects of dietary lecithin in this study on the profile of long-chain unsaturated fatty acids in shrimp under saline conditions at 1% and 7% concentrations, as well as in brackish water at lecithin concentrations ranging from 1% to 5%, highlighted its significant impact on the fatty acids' unsaturated profile.

Keywords: Brackish water, Vannamei shrimp, Fatty acids, Seawater, Phospholipids

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-870]

* *Corresponding Author:sudagar_m@gau.ac.ir*

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال نوزدهم، شماره چهام، زمستان ۱۴۰۴، صفحه های ۲۶-۱۴
DOI: 10.71901/jad-2025-3-870

"مقاله پژوهشی"

تأثیر لسیتین جیره بر پروفایل اسیدهای چرب فیله در میگوی پاسفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) پرورش یافته در آب شور و لب شور

منیژه بیابانی اسرمی[۱]، محمد سوداگر [۱*]، ناصر آق[۲]، حامد پاکنژاد[۱]، فرزانه نوری[۱]

۱- گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲- گروه زیست شناسی و آبزی پروری، پژوهشکده آرتمیا و آبزی پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۱

چکیده

با توجه به محدود بودن دسترسی به آب‌های شور در مناطق مختلف کشور، پرورش میگو در آب لب شور یک رویکرد ضروری به شمار می‌آید. میگوی پاسفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) توانایی رشد در محیط‌های با شوری پایین را دارد. این مطالعه با هدف تعیین اثرات لسیتین رژیم غذایی بر پروفایل اسیدهای چرب میگوی پاسفید غربی تولید شده در آب شور و لب شورسازی شده انجام شده است. تعداد ۲۱۰۰ پست لارو با میانگین وزنی حدود ۱/۰۰±۱۷۶/۰۰ تهیه و به دو گروه آزمایشی تقسیم شدند. یک گروه به تدریج به شوری ۸ گرم در لیتر عادت کردند و گروه دیگر در شوری ۲۶ گرم در لیتر پرورش یافتند. سپس تاثیر سطح‌های مختلف لسیتین (۰، ۱، ۳، ۵ و ۷ درصد) در رژیم غذایی (۵ غلظت) و در شرایط آب شور و لب شور (۲ غلظت) روی اسیدهای چرب لاشه میگو پاسفید غربی (۱۰ تیمار با ۳ تکرار) پس از ۹ هفته ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در تیمارهای مختلف، اسیدهای چرب مریستیک (C14)، پالمیتیک (C16) و پالمیتولئیک (C16:1N7) تفاوت معنی‌داری نداشتند ($p>$۰/۰۵). با این حال، بالاترین مقادیر استئاریک (C18)، ایکوزانوئیک (C20) و EPA (C20:5N3) در تیمار HS، ۵ درصد مشاهده شد ($p<$۰/۰۵). همچنین در تیمار HS، صفر درصد مقادیر قابل توجهی از ایکوزنوئیک (C20:1N9) و لیگنوسریک (C24) مشاهده شد ($p<$۰/۰۵). در بررسی آب لب شور، بیشترین مقادیر مریستیک، ایکوزانوئیک، EPA و لیگنوسریک در تیمار LS ، ۵ درصد و پالمیتیک و استئاریک در تیمار LS ، ۱ درصد ثبت گردید ($p<$۰/۰۵). این مطالعه نشان داد که ترکیب و نسبت اسیدهای چرب تحت تأثیر نوع محیط پرورش قرار دارد و برخی تیمارها از نظر پروفایل اسیدهای چرب به‌طور معنی‌داری برترهستند. اثرات لیسیتین جیره در این مطالعه بر پروفایل اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیره میگو پا سفید غربی در آب شور در غلظت ۱ و ۷ درصد و در آب لب شور در غلظت های ۱ تا ۵ درصد لسیتین بر پروفایل اسیدهای چربر غیر اشباع تک اثرگذار بوده است.

کلمات کلیدی: آب لب شور، میگو پاسفید غربی (*Litopenaeus vannamei*)، اسیدهای چرب، آب شور، لسیتین

* عهده‌دار مکاتبات: sudagar_m@gau.ac.ir

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-870]

مقدمه

آبزی پروری با تولید کل آبزی پروری جهانی ۷۳/۸ میلیون تن، سریع‌ترین رشد صنعت تولید مواد غذایی است. در کل ۵۸۲ گونه از آبزیان در سراسر جهان پرورش داده می‌شود که از این تعداد ۶۲ گونه سخت پوستان هستند. کل سخت پوستان پرورشی جهانی ۶/۹ میلیون تن به ارزش ۳۷ میلیارد دلار می‌باشد. اگرچه بسیاری از سخت پوستان بازارهای پرسودی را به خود جذب می‌کنند، اما پرورش میگو، به موفق‌ترین محصول و پایه اصلی آبزی پروری ساحلی آب‌های لب شور در بسیاری از کشورهای آسیایی و آمریکایی تبدیل شده است. تولید میگوی پرورشی طی ۲۵ سال گذشته رشد قابل توجهی داشته است، تقریباً از ۵۰/۰۰۰ تن در سال ۱۹۹۰ به ۶۰۰/۰۰۰ تن در سال ۲۰۲۳ رشد داشته است. اگرچه میگوی ببری سیاه (*Penaeus monodn*) ازگونه‌های غالب در پرورش میگو بود، ولی از سال ۲۰۰۱ به دلیل در دسترس نبودن ذخایر عاری از بیماری، آبزی پروری جهانی میگو به طور چشمگیری به پاسفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) تغییر یافت. صنعت میگو در ایران و جهان نیز از اهمیت بالایی برخوردار است و سالیانه مقادیر قابل توجهی از این آبزی تولید، صید و فراوری می‌شود. با توجه عدم دردسترس بودن آب شور در نقاط مختلف کشور و نیاز به تولید این آبزی در مناطق فاقد آب شور، روش‌های پرورش این میگو در آب‌های شیرین قابل توجه می‌باشد. میگوی پاسفید غربی قابلیت پرورش در آب با شوری بسیار پایین را دارا بوده و در سال ۲۰۰۱ پرورش میگو در کشور چین در آب لب شور و شیرین با موفقیت همراه بوده است؛ به طوری که در سال ۲۰۲۳ از کل تولیدات سخت پوستان پرورش یافته ۳/۰۳۳ هزار تن مربوط به پرورش در آب شیرین و لب شور بوده است (FAO, 2023). با توجه به بیماری‌های میگو در آب‌های شور و عدم وجود جیره مناسب جهت افزایش ایمنی و رشد میگو پاسفید غربی ، نیاز به روش‌های جایگزین و بهبود جیره میگو در کشور می‌باشد.

فسفولیپیدها به دلیل داشتن نقش ساختاری در غشا دولایه سلول‌ها، نقش آن‌ها در ساختار لیپوپروتئین‌ها و همچنین قابلیت انتقال چربی‌ها به خارج سلول و خون (و یا همولنف)، می‌توانند در میگوها نیز اثرات مثبتی را از خود نشان دهند (Tocher, 2008). لسیتین یک ماده غذایی چرب می‌باشد که از مواد طبیعی مانند زرده تخم مرغ و سویا خالص‌سازی می‌شود. این فراورده با توجه به نوع فراوری آن می‌تواند حاوی مقادیر مختلفی از فسفولیپیدهایی از قبیل فسفاتیدیل اتانول آمین، فسفاتیدیل اسید، فسفاتیدیل اینوزیتول و فسفاتیدیل کولین باشد. مقادیر این فسفولیپیدها در لسیتین شرکت Kirsch Pharma آلمان به ترتیب برابر با ۱۲/۵، ۶، ۱۵/۶ و ۱۹/۶ درصد می‌باشد. فسفولیپیدها پیش سازهای مهمی برای واسطه‌های فعال متابولیسمی و فیزیولوژیکی به صورت بیولوژیک می‌باشند که شامل ایکوزانوئیدها، دی اسیل گلیسرول (DAG)، اینوزیتول فسفات‌ها و عوامل فعال‌کننده پلاکت‌ها (PAFs) هستند. خاصیت آمفی پسیکی آن‌ها همچنین نقش کلیدی فسفولیپیدها را در ساختار لیپوپروتئین‌هایی که دارای اهمیت در انتقال چربی‌ها به خارج سلول و به دورن خون و لنف هستند، نشان داد. فسفولیپیدها چربی‌های آبگریز مانندتری گلیسرول و استرهای استریل را به جهت انتقال به محیط‌های آبی به وسیله تغییر شکل همراه با کلسترول و

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-870]

پروتئین‌ها در محیط حد فاصل چربی/آب، فعال می‌کنند (Tocher, 2003) این فسفولیپیدها به طور کامل در جیره‌های غذایی همانند صفرای آبزیان که می‌تواند شامل مقادیر متنوعی از فسفولیپیدها باشد، وجود ندارد. گمان می‌رود که فسفولیپیدهای صفراوی دارای دو نقش در صفرا باشند که تشکیل میسل‌های مخلوط با نمک‌های صفراوی نه تنها باعث حلالیت کلسترول صفرا می‌شود، بلکه؛ همچنین یک اثر حفاظتی شیمیایی (Cytoprotective) و نقش حفاظت از مجرای اپی تلیوم صفرا از اثرات سیتوتوکسید نمک‌های صفراوی را نیز دربر دارد (Moschetta *et al*., 2005). در آسیا، میگوهای جنس پنائیده به مقدار زیادی تولید می‌شوند. همچنین، پرورش این میگو در آب شیرین می‌تواند به احتمال زیاد سبب استفاده از زمین‌های بلا استفاده زیادی شود و از طرف دیگر نیازی به تأمین آب با شوری آب دریا نمی‌باشد (Araneda, 2008). پرورش میگو پاسفید غربی در آب شیرین می‌تواند با تراکم‌های بالا در سیستم‌های چرخش مجدد آب انجام گیرد که این امر می‌تواند با پست لاروهای عاری از پاتوژن انجام گیرد و بحث بیماری‌ها را تا حدود زیادی برطرف سازد (Cheng *et al*., 2005).

مطالعات نشان داده‌اند که بهترین عملکرد رشد و پروفایل اسیدهای چرب در میگوهای پاسفید غربی هنگامی مشاهده می‌شود که از رژیم های غذایی با ۵/۵ درصد چربی و ۳ درصد لسیتین (González-Félix *et al*., 2002)، رژیم غذایی با ۶/۵ درصد چربی و ۴ درصد لسیتین (Yan *et al*., 2020) و رژیم غذایی با ۷ درصد چربی و ۵ درصد لسیتین (Gong *et al*., 2008) استفاده کنند.

این مطالعه با هدف تعیین اثرات لسیتین رژیم غذایی بر پروفایل اسیدهای چرب فیله میگوی پاسفید غربی تولید شده در آب شور و آب لب شور شده انجام شد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۲۱۰۰ بچه میگو در مرحله پست لارو ۸ (PL8) با وزن ۴۹.۵۴ میلی‌گرم) از کارگاه تولید میگو در شهر چابهار (واقع در جنوب ایران) تهیه شد و به دو گروه آزمایشی هر یک با پنج تیمار تحت تغذیه با سطوح مختلف لسیتین جیره و با سه تکرار تقسیم شدند. در گروه اول، بچه‌میگوها به تدریج به شوری ۸ گرم در لیتر عادت داده شدند و این کار با کاهش شوری آب به میزان ۲ گرم در لیتر در روز انجام شد. بچه میگوهای گروه دوم در شوری ۲۶ گرم در لیتر پرورش داده شدند. برای مدت ۱۰ روز، آنها با آرتمیا غنی‌شده که با INVE SELCO Spresso غنی شده بود، تغذیه شدند (Biabani *et al*., 2023). بچه میگوهای پاسفید غربی به‌طور میانگین وزن ۱۷۶/۱۶ میلی‌گرم در آب شور و ۱۷۷/۸۲ میلی‌گرم در آب لب شور داشتند. میگوهای جوان با تراکم یک عدد در لیتر در تانک‌های ۳۰ لیتری با گنجایش ۲۵ لیتر آب ذخیره‌سازی شدند. روزانه در حدود ۵ درصد آب تانک‌ها تعویض شد و هم‌زمان غذای نخورده شده و مدفوع میگوها سیفون شد. غذادهی میگوها روزانه ۳ مرتبه در زمان‌های صبح (ساعت ۸)، بعداز ظهر (ساعت ۱۴) و غروب (ساعت ۲۰) انجام شد (Gong *et al*., 2008) و مقدار اکسیژن، شوری و دما در محدوده ثابت نگهداری شد. تیمارهای غذایی در این مرحله به شرح زیر بود (Biabani *et al*., 2023):

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-870]

تیمار ۱: تغذیه پست لارو میگوی پاسفید غربی با جیره تجاری فاقد لسیتین در آب شور ؛ 0%, HS

تیمار ۲؛ تغذیه پست لارو میگوی پاسفید غربی با جیره تجاری حاوی ۱ درصد لسیتین در آب شور ؛ 1%, HS

تیمار ۳؛ تغذیه پست لارو میگوی پاسفید غربی با جیره تجاری حاوی ۳ درصد لسیتین در آب شور ؛ 3%, HS

تیمار ۴؛ تغذیه پست لارو میگوی پاسفید غربی با جیره تجاری حاوی ۵ درصد لسیتین در آب شور ؛ 5%, HS

تیمار ۵؛ تغذیه پست لارو میگوی پاسفید غربی با جیره تجاری حاوی ۷ درصد لسیین در آب شور ؛ 7%, HS

تیمار ۶؛ تغذیه پست لارو میگوی پاسفید غربی با جیره تجاری فاقد لسیتین در آب لب شور ؛ 0%, LS

تیمار ۷؛ تغذیه پست لارو میگوی پاسفید غربی با جیره تجاری حاوی ۱ درصد لسیتین در آب لب شور ؛ 1%, LS

تیمار ۸؛ تغذیه پست لارو میگوی پاسفید غربی با جیره تجاری حاوی ۳ درصد لسیتین در آب لب شور ؛ 3%, LS

تیمار ۹؛ تغذیه پست لارو میگوی پاسفید غربی با جیره تجاری حاوی ۵ درصد لسیتین در آب لب شور ؛ 5%, LS

تیمار ۱۰؛ تغذیه پست لارو میگوی پاسفید غربی با جیره تجاری حاوی ۷ درصد لسیتین در آب لب شور ؛ 7%, LS.

برخی از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی اندازه‌گیری شده آب عبارتند از: اکسیژن محلول: ۶/۶۲±۰/۱۵ میلی‌گرم در لیتر، pH از ۸/۲۲±۰/۱۴، دما از ۲۷/۰±۷۰/۶۹ درجه سانتی‌گراد، سختی کل آب شور ۳۸۳۰/۱۹±۶/۵۱ میلی‌گرم در لیتر به عنوان کلسیم، سختی کل آب لب شور ۲۲۶۲/۵۲±۳/۸۸ میلی‌گرم در لیتر به عنوان کلسیم، قلیاییت آب شور از ۹۰/۵۵±۳/۵۲ میلی‌گرم در لیتر، قلیائیت آب لب شور ۶۰/۱±۰۵/۶۷ میلی‌گرم در لیتر، TDS آب شور از ۳/۱۸±۰/۰۴ میلی‌گرم در لیتر، TDS آب لب شور از ۲/۱۹±۰/۱۱ میلی‌گرم در لیتر، غلظت سدیم (+Na) در آب لب شور ۴۰۵۰ ppm و در آب شور دریا ۹۳۰۰ ppm، غلظت پتاسیم (+K) در آب لب شور و شور به ترتیب ۸۵ و ۱۹۶ ppm بود.

جیره‌های غذایی آزمایشی و آنالیز شیمیایی

به منظور تولید جیره‌های غذایی آزمایشی (بر اساس جدول ۱) ابتدا مواد اولیه مورد نیاز جیره‌های آزمایشی تهیه شد و با آسیاب با الک ۱ میلی‌متری آسیاب گردیده و آنالیز تقریبی شامل تعیین ماده خشک، چربی خام، پروتئین خام، خاکستر خام، فیبر خام و عصاره عاری از ازت و همچنین انرژی خام هر یک از جیره‌های آزمایشی و جیره شاهد طبق روش AOAC (2000) تعیین شدند. بعد از فرمولاسیون نهایی و تنظیم جیره‌های آزمایشی توسط نرم‌افزار WUFFDA و افزودن سطوح تعیین شده و دوزهای مشخص شده لسیتین مورد مطالعه، پلت‌های غذایی تولید و در بسته‌های جداگانه با رعایت اصول استاندارد، بسته‌بندی و برچسب دار شدند.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-870]

جدول ۱: فرمولاسیون جیره‌ای برای میگوی پاسفید غربی در تیمارهای مختلف در مرحله دوم آزمایش

Table 1: The dietary formulation for western white shrimp in various treatments during the second phase

Ingredients and Nutritional Composition	Treatments				
	1 and 6	2 and 7	3 and 8	4 and 9	5 and 10
Wheat Flour (%)	25	25	25	25	25
Fish Meal (%)	26	26	26	26	26
Soybean Meal (%)	31	31	31	31	31
Meat and Bone Meal (%)	5	5	5	5	5
Wheat Gluten (%)	3	3	3	3	3
Artemia Powder (%)	2	2	2	2	2
Spirulina Powder (%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Fish Oil (%)	7	6	4	2	0
Soy Lecithin (%)	0	1	3	5	7
Vitamins (%)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Minerals (%)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Calcium (mg/kg)	63	63	63	63	63
Phosphorus (g/kg)	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56
Magnesium (mg/kg)	150	150	150	150	150
Total Protein (%)	40.60 ± 0.18	40.42 ± 0.28	40.25 ± 0.08	40.18 ± 0.04	40.17 ± 0.04
Total Fat (%)	8.20 ± 0.11	8.45 ± 0.34	8.50 ± 0.05	8.60 ± 0.12	9.20 ± 0.23
Total Carbohydrate (%)	37.35 ± 0.40	37.92 ± 0.02	37.92 ± 0.02	38.67 ± 0.57	37.87 ± 0.22
Ash (%)	13.32 ± 0.47	12.65 ± 0.08	12.65 ± 0.08	12.05 ± 0.41	12.17 ± 0.40

اندازه‌گیری پروفایل اسیدهای چرب

برای اندازه‌گیری اسیدچرب مقدار ۱۰۰-۲۰۰ میلی گرم از هر نمونه درون ظرف شیشه‌ای درب دار ریخته شد. مقدار یک میلی لیتر از محلول شامل H_2SO_4 ۲/۵ درصد و متانول ۹۸ درصد به هر ظرف نمونه اضافه گردید (۴۰/۱، v/v) و برای مدت یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از سرد شدن در دمای اتاق، ۵۰۰ میکرولیتر هگزان با ۱/۵ میلی لیتر NaCl ۰/۹ درصد (w/v) مخلوط شد و به نمونه اضافه گردیده تا اسیدچرب متیل استر استخراج شود (FAME). سپس نمونه برای مدت ۱۰ دقیقه و با دور ۴۰۰۰ سانتریوفیوژ و بخش بالایی محلول (شامل هگزان-FAME) پس از جداسازی به دستگاه گاز کروماتوگرافی (Agilent 7890A) جهت تعیین پروفایل اسیدچرب تزریق گردید (Miquel and Browse, 1992).

تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (Version 22) انجام شد. داده‌های بدست آمده ابتدا از نظر نرمال بودن بررسی شدند (روش کولموگروف-اسمیرنوف). برای مقایسه میانگین ها از آنالیز واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) و از آزمون توکی (Tukey) در سطح ۵ درصد استفاده شد ($P<۰/۰۵$).

نتایج

براساس نتایج آنالیز واریانس یکطرفه اسیدهای چرب مریستیک اسید (C14)، پالمیتیک اسید (C16) و پالمیتولئیک اسید (C16:1N7) در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری را از خود نشان ندادند ($p>۰/۰۵$). بالاترین میزان اسیدهای چرب استئاریک اسید (C18)، ایکوزانوئیک اسید (C20) و EPA (C20:5N3)در تیمار 5%, HS مشاهده شد که تفاوت

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-870]

معنی‌داری را با سایر تیمارها از خود نشان دادند ($p<۰/۰۵$) و به ترتیب برابر با ۱۴/۰۴، ۱/۲۶، ۸/۹۱ درصد بودند. اسیدهای چرب ایکوزنوئیک اسید (C20:1N9) و لیگنوسریک اسید (C24) با مقادیر ۱/۲۵ و ۵/۵۵ درصد در تیمار 0%, HS بیشترین مقدار را بصورت معنی‌دار از خود نشان دادند ($p<۰/۰۵$). در تیمار 1%, HS مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع تک (MUFA) و DHA به ترتیب با ۲۱/۶۴ و ۱۴/۰۹ درصد بیشترین مقدار را بصورت معنی‌دار از خود نشان دادند ($p<۰/۰۵$). اسیدهای چرب ایکوزادینوئیک اسید (C20:2N6) و آراشیدونیک اسید (C20:4N6) به ترتیب با ۳/۰۰ و ۵/۵۴ درصد بیشترین و الایدیک اسید (C18:1N9) با ۴/۱۶ درصد کمترین مقادیر را در تیمار 7%, HS به صورت معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها از خود نشان دادند ($p<۰/۰۵$). همچنین اسیدهای چرب واکسینیک اسید (C18:1N7) در تیمارهای 1%, HS و 3%, HS، لینولئیک اسید (C18:2N6 Cis) در تیمارهای 3%, HS و 7%, HS، لینولنیک اسید (C18:3N3) در تیمارهای 0%, HS، 3%, HS و 5%, HS، مجموع اسیدهای چرب اشباع (SFA) در تیمارهای 0%, HS و 5%, HS و مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع چندگانه (PUFA) در تیمارهای 1%, HS و 7%, HS بیشترین مقادیر را نشان دادند که نسبت به سایر تیمارها دارای تفاوت معنی‌داری بودند ($p<۰/۰۵$) (جدول ۲).

آب لب شور

بالاترین میزان اسیدهای چرب مریستیک اسید (C14)، ایکوزانوئیک اسید (C20)، ایکوزنوئیک اسید (C20:1N9)، EPA (C20:5N3) و لیگنوسریک اسید (C24) در تیمار 5%, LS مشاهده شد که به ترتیب برابر ۱/۰۷، ۱/۲۶، ۱/۰۱، ۸/۷۵، ۴/۰۴ درصد بودند و نسبت به سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری را از خود نشان دادند ($p<۰/۰۵$). اسیدهای چرب پالمیتیک اسید (C16) و استئاریک اسید (C18) با مقادیر ۲۲/۱۲و ۱۲/۵۷ درصد در تیمار 1%, LS بیشترین مقدار را نشان دادند و نسبت به سایر تیمارها دارای تفاوت معنی‌داری بودند ($p<۰/۰۵$). در تیمار 3%, LS الایدیک اسید (C18:1N9) با ۱۶/۳۸ درصد و در تیمار 7%, LS ایکوزادینوئیک اسید (C20:2N6) با ۲/۸۲ درصد بیشترین مقدار را بصورت معنی‌داری از خود نشان دادند ($p<۰/۰۵$). اسیدهای چرب پالمیتولئیک اسید (C16:1N7) در تیمارهای 0%, LS و 5%, LS، واکسینیک اسید (C18:1N7) و مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع تک (MUFA) در تیمارهای 1%, LS و 3%, LS، لینولنیک اسید(C18:3N3) و مجموع اسیدهای چرب اشباع (SFA) در تیمارهای 1%, LS و 5%, LS و مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع چندگانه (PUFA) در تیمارهای 0%, LS و 1%, LS بیشترین مقادیر را نشان دادند که نسبت به سایر تیمارها دارای تفاوت معنی‌داری بودند ($p<۰/۰۵$). همچنین اسید چرب لینولئیک اسید(C18:2N6 Cis) در تیمارهای 0%, LS ، 1%, LS و 3%, LS و DHA (C22:6N3) در تیمارهای 0%, LS ، 3%, LS و 7%, LS بیشترین مقادیر را نشان دادند که نسبت به سایر تیمارها دارای تفاوت معنی‌داری بودند ($p<۰/۰۵$) (جدول ۳).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-870]

جدول ۲: میانگین (±انحراف معیار) اسیدهای چرب میگوی پاسفید غربی تغذیه‌شده با درصدهای مختلف لسیتین جیره در آب‌شور

Table 2: Mean (± standard deviation) of fatty acids in cultured white shrimp fed with different percentages of dietary lecithin in brackish water

Fatty Acid Profile	0% HS (Control)	1% HS	3% HS	5% HS	7% HS
Myristic Acid (C14:0)	0.87 ± 0.28^{a}	0.44 ± 0.14^{a}	0.46 ± 0.01^{a}	1.07 ± 0.60^{a}	0.36 ± 0.01^{a}
Palmitic Acid (C16:0)	20.40 ± 2.31^{a}	18.46 ± 3.66^{a}	18.48 ± 0.00^{a}	16.26 ± 2.14^{a}	19.85 ± 0.54^{a}
Palmitoleic Acid (C16:1n7)	1.32 ± 0.30^{a}	0.74 ± 0.16^{a}	0.62 ± 0.05^{a}	1.15 ± 0.45^{a}	0.88 ± 0.02^{a}
Stearic Acid (C18:0)	10.07 ± 0.96^{a}	11.17 ± 2.13^{a}	13.08 ± 0.24^{a}	14.04 ± 1.01^{b}	10.77 ± 0.29^{a}
Elaidic Acid (C18:1n9)	14.43 ± 1.21^{b}	17.66 ± 1.84^{b}	15.13 ± 0.69^{b}	12.16 ± 0.60^{b}	4.16 ± 0.11^{a}
Vaccenic Acid (C18:1n7)	2.75 ± 0.34^{a}	2.42 ± 0.81^{b}	2.85 ± 0.08^{b}	2.33 ± 0.40^{a}	ND
Linoleic Acid (C18:2n6 cis)	14.65 ± 0.32^{c}	12.84 ± 1.83^{b}	17.77 ± 0.51^{d}	10.99 ± 0.19^{a}	16.14 ± 0.43^{d}
Linolenic Acid (C18:3n3)	1.77 ± 0.78^{b}	0.73 ± 0.29^{a}	1.06 ± 0.12^{b}	1.25 ± 0.32^{b}	0.72 ± 0.01^{a}
Eicosanoic Acid (C20:0)	0.47 ± 0.11^{a}	1.00 ± 0.04^{ab}	0.81 ± 0.12^{a}	1.26 ± 0.58^{b}	0.63 ± 0.01^{a}
Eicosenoic Acid (C20:1n9)	1.25 ± 0.55^{b}	0.80 ± 0.46^{a}	0.64 ± 0.09^{a}	1.01 ± 0.46^{ab}	0.48 ± 0.01^{a}
Eicosadienoic Acid (C20:2n6)	2.16 ± 1.00^{b}	1.28 ± 0.46^{a}	1.64 ± 0.23^{a}	2.37 ± 0.97^{b}	3.00 ± 0.08^{c}
Arachidonic Acid (C20:4n6)	3.97 ± 0.70^{a}	8.15 ± 2.27^{c}	4.45 ± 0.45^{a}	4.38 ± 0.52^{a}	5.54 ± 0.15^{b}
EPA (C20:5n3)	7.51 ± 1.01^{b}	5.77 ± 0.79^{a}	4.70 ± 0.80^{a}	8.91 ± 0.97^{c}	7.08 ± 0.19^{b}
DHA (C22:6n3)	8.51 ± 1.25^{a}	14.09 ± 2.96^{c}	9.33 ± 0.03^{a}	8.76 ± 0.55^{a}	11.05 ± 0.30^{b}
Lignoceric Acid (C24:0)	5.55 ± 1.00^{c}	ND	ND	4.08 ± 0.53^{b}	1.86 ± 0.05^{a}
Total Saturated Fatty Acids (SFA)	37.38 ± 2.07^{b}	31.09 ± 1.34^{a}	32.84 ± 0.38^{a}	36.73 ± 0.59^{b}	33.50 ± 0.91^{a}
Total Monounsaturated Fatty Acids (MUFA)	19.67 ± 0.69^{c}	21.64 ± 0.39^{d}	19.26 ± 0.56^{c}	16.68 ± 0.09^{b}	5.53 ± 0.15^{a}
Total Polyunsaturated Fatty Acids (PUFA)	38.58 ± 0.98^{a}	42.90 ± 2.14^{b}	38.97 ± 3.24^{a}	36.68 ± 0.95^{a}	43.56 ± 1.18^{b}

حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای داخل هر گروه (آب شور) می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳: میانگین (±انحراف معیار) اسیدهای چرب میگوی پاسفید غربی تغذیه‌شده با درصدهای مختلف لسیتین جیره در آب لب شور

Table 3: Mean (± standard deviation) of fatty acids in cultured white shrimp fed with varying percentages of dietary lecithin in brackish water

Fatty Acid Profile	0% LS (Control)	1% LS	3% LS	5% LS	7% LS
Myristic Acid (C14:0)	0.39 ± 0.01^{a}	0.65 ± 0.00^{ab}	0.51 ± 0.17^{a}	1.07 ± 0.63^{b}	0.34 ± 0.00^{a}
Palmitic Acid (C16:0)	18.71 ± 0.75^{b}	22.12 ± 0.28^{c}	19.46 ± 0.88^{b}	15.94 ± 1.54^{a}	18.64 ± 0.09^{b}
Palmitoleic Acid (C16:1n7)	1.11 ± 0.04^{b}	0.80 ± 0.01^{a}	0.71 ± 0.01^{a}	1.15 ± 0.48^{b}	0.83 ± 0.00^{a}
Stearic Acid (C18:0)	11.22 ± 0.45^{a}	12.57 ± 0.16^{b}	11.92 ± 0.78^{a}	13.86 ± 1.49^{a}	10.11 ± 0.05^{a}
Elaidic Acid (C18:1n9)	4.19 ± 0.16^{a}	14.84 ± 0.19^{c}	16.38 ± 0.46^{d}	11.96 ± 0.17^{b}	3.90 ± 0.02^{a}
Vaccenic Acid (C18:1n7)	ND	2.98 ± 0.03^{b}	3.13 ± 0.06^{b}	2.28 ± 0.31^{a}	ND
Linoleic Acid (C18:2n6 cis)	19.34 ± 0.77^{c}	20.91 ± 0.26^{c}	19.55 ± 0.61^{c}	10.82 ± 0.18^{a}	15.15 ± 0.07^{b}
Linolenic Acid (C18:3n3)	1.00 ± 0.04^{b}	1.31 ± 0.01^{c}	0.92 ± 0.05^{b}	1.24 ± 0.36^{c}	0.68 ± 0.00^{a}
Eicosanoic Acid (C20:0)	0.39 ± 0.01^{a}	0.60 ± 0.00^{b}	0.56 ± 0.08^{b}	1.26 ± 0.62^{c}	0.60 ± 0.00^{b}
Eicosenoic Acid (C20:1n9)	ND	0.69 ± 0.00^{c}	0.54 ± 0.02^{b}	1.01 ± 0.49^{d}	0.45 ± 0.00^{a}
Eicosadienoic Acid (C20:2n6)	2.19 ± 0.08^{b}	1.64 ± 0.02^{a}	1.75 ± 0.00^{a}	2.37 ± 0.04^{b}	2.82 ± 0.01^{c}
Arachidonic Acid (C20:4n6)	5.14 ± 0.20^{c}	3.85 ± 0.04^{a}	3.85 ± 0.45^{a}	4.29 ± 0.36^{b}	5.20 ± 0.02^{c}
EPA (C20:5n3)	7.14 ± 0.28^{a}	7.24 ± 0.09^{a}	7.32 ± 0.52^{a}	8.75 ± 0.64^{b}	6.64 ± 0.03^{a}
DHA (C22:6n3)	10.04 ± 0.40^{b}	8.22 ± 0.10^{a}	9.24 ± 0.82^{b}	8.61 ± 0.24^{a}	10.37 ± 0.05^{b}
Lignoceric Acid (C24:0)	ND	ND	ND	4.04 ± 0.67^{b}	1.75 ± 0.00^{a}
Total Saturated Fatty Acids (SFA)	30.73 ± 1.23^{a}	35.96 ± 0.46^{b}	32.47 ± 1.93^{a}	36.20 ± 1.87^{b}	31.45 ± 0.16^{a}
Total Monounsaturated Fatty Acids (MUFA)	5.30 ± 0.21^{a}	19.32 ± 0.24^{c}	20.78 ± 0.40^{c}	16.42 ± 0.48^{b}	5.19 ± 0.02^{a}
Total Polyunsaturated Fatty Acids (PUFA)	44.88 ± 1.80^{c}	43.20 ± 0.55^{c}	42.66 ± 2.49^{bc}	36.10 ± 0.34^{a}	40.89 ± 0.21^{b}

حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای داخل هر گروه (آب شور) می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-870]

بحث

میگو پرورش یافته در آب شور

تغذیه میگوی پاسفید غربی یکی از عوامل کلیدی در بهبود کیفیت و ویژگی‌های غذایی این آبزی اقتصادی است. این مطالعه به بررسی تأثیر سطوح مختلف فسفولیپید (لسیتین) در جیره غذایی میگوها پرداخته و آثار آن بر پروفایل اسیدهای چرب میگوها را تحلیل کرده است. یافته‌های این تحقیق به وضوح نشان داد که استفاده از لسیتین در جیره غذایی میگوهای پاسفید غربی سبب ایجاد تغییرات کاهشی و افزایشی در پروفایل اسیدهای چرب آنها شده است. در تیمارهای مختلف مورد بررسی، نتایج نشان دادند که افزایش درصد لسیتین در جیره غذایی موجب افزایش قابل توجهی در برخی از اسیدهای چرب مهم مانند استئاریک اسید، ایکوزانوئیک اسید و EPA در تیمار چهارم شد. این یافته‌ها نشان‌دهنده اهمیت لسیتین به عنوان یک منبع غنی از فسفولیپیدها است که می‌تواند به تقویت کیفیت تغذیه‌ای میگوها کمک کند. بر اساس تحقیقات پیشین (Zhou *et al*., 2007)، فسفولیپیدها به دلیل ساختار شیمیایی خاص خود، قابلیت جذب بالایی برای اسیدهای چرب دارند و می‌توانند بر پروفیل اسیدهای چرب موجود در جیره تأثیر بگذارند. تحلیل‌ها همچنین نشان دادند که در تیمار یک، مقادیر بالای ایکوزنوئیک اسید و لیگنوسریک اسید مشاهده شد که این نشان‌دهنده نیاز به توجه بیشتر به ترکیب جیره‌های غذایی در جهت بهبود خصوصیات تغذیه‌ای میگوها است. این موضوع می‌تواند به دقت و میزان تأثیرگذاری لسیتین بر پروفیل اسیدهای چرب و همچنین بهینه‌سازی جیره‌های غذایی کمک نماید (Jannathulla *et al*., 2019). از سوی دیگر، در تیمار دو، مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع تک (MUFA) و DHA بیشترین مقدار را نشان دادند. این یافته‌ها تأکید بر اهمیت این نوع اسیدهای چرب در فرایندهای متابولیکی و بهبود کیفیت پروتئین در میگوها دارد (Ayeloja *et al*., 2024). اسیدهای چرب غیراشباع به‌ویژه MUFA و DHA نقش مهمی در کاهش التهاب و تقویت سیستم ایمنی آبزیان ایفا می‌کنند و بنابراین وجود آنها در جیره غذایی می‌تواند به سلامت و رشد بهتر میگوها منجر شود. تیمارهای مختلف نیز نشان دادند که تفاوت‌های معنی‌داری در میزان اسیدهای چرب اشباع، مانند لینولئیک و لینولنیک اسید وجود دارد. این نتایج به خوبی با یافته‌های دیگر مطالعات هم‌خوانی دارد که بر اثرات مثبت اسیدهای چرب اشباع در کاهش استرس اکسیداتیو و بهبود متابولیسم تأکید می‌کند (Zhu *et al*., 2023).

میگوی پرورش یافته در آب لب شور

در این بخش، تأثیر سطوح مختلف فسفولیپیدها، به ویژه لستین، بر پروفیل اسید چرب میگوهای پاسفید غربی که در آب‌های لب شور با شوری تقریباً ۸ گرم در لیتر پرورش داده می‌شوند، بررسی شد. بهبود پروفیل اسید چرب میگوها از طریق مکمل‌های غذایی می‌تواند تأثیر زیادی بر ارزش غذایی، عملکرد رشد و سلامت کلی آنها داشته باشد. اسیدهای چرب حاضر در رژیم غذایی و بافت‌های موجودات آبی برای رشد، تولید مثل و سلامت آنها حیاتی هستند. اسیدهای چرب غیراشباع، به‌ویژه از خانواده‌های n-3 و n-6 ، نقش مهمی در فرآیندهای فیزیولوژیکی میگوها ایفا می‌کنند. این اسیدهای چرب نه تنها اجزای ضروری غشای سلولی هستند بلکه پیش‌سازهای ترکیبات بیواکتیو، مانند

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-870]

ایکوزانوئیدها، به شمار می‌آیند که در پاسخ‌های التهابی و عملکرد ایمنی مهم هستند (Bergé and Barnathan, 2005). بیشترین غلظت‌های اسید چرب پالمیتیک (C16)، اسید ایکوزانوئیک (C20)، و اسید ایکوزنوئیک (C20:1N9) که به ترتیب به میزان ۱.۰۷درصد، ۱.۲۶ درصد و ۱.۰۱ درصد در تیمار ۹ مشاهده شد، بیانگر بهبود قابل توجهی در امگا-۳ اسیدهای چرب غیراشباع (PUFAs) است. این یافته‌ها با مطالعات قبلی که روندهای مشابهی در پروفیل‌های اسید چرب میگوها به هنگام افزودن فسفولیپیدها به رژیم غذایی نشان داده‌اند، مطابقت دارد (Liou *et al*., 2023). افزایش این اسیدهای چرب مفید را می‌توان به نقش لستین به عنوان یک امولسیفایر و حامل چربی نسبت داد که جذب و متابولیسم بهتر را تسهیل می‌کند. علاوه بر این، وجود قابل توجه اسیدهای چرب اشباع (SFAs) در تیمار ۷ (با مقادیر ۱۲.۲۲ درصد و ۱۲.۵۷ درصد برای اسید پالمیتیک و استئاریک به ترتیب) نشان داد که نوع و کیفیت منبع چربی در رژیم غذایی می‌تواند بر سطح اشباع و غیراشباع در بافت‌های میگو تأثیر بگذارد. سطوح بالای اسیدهای چرب اشباع ممکن است گاهی با رسوب چربی و رشد مرتبط باشد، اما از نظر عملکرد بیولوژیکی، فاقد فواید اسیدهای چرب غیراشباع هستند (Laurent *et al*., 2025). تفاوت‌های معنی‌دار ثبت شده برای تیمارهای مختلف اهمیت فرمولاسیون غذایی در پرورش آبزیان را نشان داد. به عنوان مثال، تیمار ۸ غلظت‌های بالایی از اسید اولئیک (C18:1N9) به میزان ۱۶.۳۸ درصد را نشان داد، در حالی که تیمار ۱۰ وجود قابل توجهی از اسید ایکوزادینوئیک (C20:2N6) به میزان ۲/۸۲ درصد داشت. این تفاوت‌ها نشان داد که تغییر در غلظت لستین نه تنها پروفیل اسید چرب را تغییر داد بلکه متابولیسم اسیدهای چرب را نیز بسته به دسترسی غذایی تغییر داد. علاوه بر این، سطوح بالاتر اسیدهای چرب غیراشباع تک (MUFA) در تیمارهای ۷ و ۸ و سطوح کلی PUFAs در تیمارهای ۶ و ۷ نشان داد که افزودن لستین پروفیل چربی را بهبود می‌بخشد و کیفیت غذایی کلی میگوها را افزایش داد. این موضوع حائز اهمیت است، زیرا میگوها منبع قابل توجهی از تغذیه در بسیاری از جوامع هستند و اسیدهای چرب ضروری را فراهم می‌کنند که به‌طور طبیعی توسط انسان سنتز نمی‌شوند (Glencross *et al*., 2025). پرورش میگوها در محیط‌های آب لب شور به پارامترهای استرس‌زای اضافی افزوده و پاسخ‌های فیزیولوژیکی را تغییر داد. سطح شوری ۸ گرم در لیتر که بالاتر از آب شیرین و پایین‌تر از آب دریا است، تعادل اسمزی را تحت تأثیر قرار داد و ممکن است بر متابولیسم و ترکیب اسیدهای چرب تأثیر بگذارد (Yu *et al*., 2021). سازگاری با چنین شرایطی ممکن است تقاضای متابولیکی میگوها را افزایش دهد و نیاز به منابع غذایی‌ای را که بتواند این نیازها را برآورده کند، ضروری می‌سازد. سطوح قابل توجه اسید لینولئیک (C18:2N6 Cis) و DHA (C22:6N3) که در تیمارهای ۶، ۷ و ۸ مشاهده شد، ضرورت تأمین این اسیدهای چرب ضروری در غذای آبزیان را برای برآورده کردن نیازهای متابولیکی و فیزیولوژیکی به‌ویژه در شرایط مختلف شوری بیان می‌کند (Tocher, 2003). توانایی میگوها در استفاده مؤثر از این اسیدهای چرب می‌تواند تأثیر زیادی بر عملکرد رشد و همچنین نتایج تولید مثل و پاسخ‌های استرسی داشته باشد.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-870]

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان‌دهنده این است که افزودن لسیتین به جیره غذایی میگوها می‌تواند به طور معنی‌داری کیفیت پروفایل اسیدهای چرب را بهبود بخشد. این بهبود در کیفیت جیره ممکن است منجر به افزایش عملکرد تولید و کیفیت محصولات آبزی شود. اثرات لیسیتین جیره در این مطالعه بر پروفایل اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیره میگو در آب شور در غلظت ۱ و ۷ درصد و در آب لب شور در غلظت های ۱ تا ۵ درصد لسیتین بر پروفایل اسیدهای چربر غیر اشباع تک اثرگذار بوده است.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مادی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) برگرفته شده از طرح شماره «۴۰۰۵۴۵۲» انجام شده است.

منابع

1. AOAC., 2000. Official methods of analysis of association of official analytical chemists. Int. 17th Ed Gaithersburg, MD, Association of Analytical Communities. USA.
2. Araneda, M., Pérez, E.P. and Gasca-Leyva, E., 2008. White shrimp *Penaeus vannamei* culture in freshwater at three density: Condition state based on length and weight. *Aquaculture*, *283*, (1–4), 13-18. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.06.030
3. Ayeloja, A.A., Jimoh, W.A. and Oyewole, T.V., 2024. Nutritional quality of fish oil extracted from selected marine fish species. *Food and Humanity*, *2*, 100212. DOI: 0.1016/j.foohum.2023.100212
4. Biabani Asrami, M., Soudagar, M., Agh, N., Paknejad, H. and Noori, F., 2023. Utilization of espresso- and docosahexaenoic acid-enriched Artemia nauplii in the post-larval stage of vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, *12*(4), 91-106. DOI: 10.22069/japu.2023.21273.1773 [In Persian]
5. Bergé, JP. and Barnathan, G., 2005. Fatty acids from lipids of marine organisms: molecular biodiversity, roles as biomarkers, biologically active compounds, and economical aspects. *Advances in Biochemical Engineering/biotechnology,* 96, pp.49-125. DOI: 10.1007/b135782
6. Cheng, W., Wang, L.U. and Chen, J.C., 2005. Effect of water temperature on the immune response of white shrimp *Litopantuus vannamei* to Vibrio alginolyticus. *Aquaculture*, *250*(3-4), 592–601. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2005.04.060
7. FAO., 2023. The State of World Fisheries and Aquaculture, Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, Italy.
8. Glencross, B.D., Bachis, E., Betancor, M.B., Calder, P., Liland, N., Newton, R. and Ruyter, B., 2025. Omega-3 Futures in Aquaculture: Exploring the Supply and Demands for Long-Chain Omega-3 Essential Fatty Acids by Aquaculture Species. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, *23*(2), 167-216. DOI: 10.1080/23308249.2024.2388563
9. Gong, H., Lawrence, A.L., Gatlin, D.M., Jiang, D.H. and Zhang, F., 2008. Comparison of different types and levels of commercial soybean lecithin supplemented in semipurified diets for juvenile *Litopenaeus vannamei* Boone. *Aquaculture Nutrition*, *7*(1), 11-17. DOI: 10.1046/j.1365-2095.2001.00142.x
10. González-Félix, M.L., Lawrence, A.L., Gatlin, D.M. and Perez-Velazquez, M., 2002. Growth, survival and fatty acid composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* fed different oils in the presence and absence of phospholipids.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-870]

Aquaculture, *205*,(3–4), 325-343. DOI: 10.1016/S0044-8486(01)00684-6

11. Jannathulla, R., Chitra, V., Devaraj, Arunachalam Nagavel, V., Ambasankar, K., Muralidhar, M. and Syama Dayal, J., 2019. Effect of dietary lipid/essential fatty acid level on Pacific whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) reared at three different water salinities – Emphasis on growth, hemolymph indices and body composition. *Aquaculture*, *513*, 734405. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734405.
12. Laurent, J., Le Grand, F., Bideau, A., Le Berre, I., Le Floch, S., Pichereau, V. and Laroche, J., 2025. Fatty acid analysis in an estuarine fish species to assess the health status of hydrosystems impacted by eutrophication and multistressors. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *319*, 109279. DOI: 10.1016/j.ecss.2025.109279
13. Liou, C.H., To, V.A., Zhang, Z.F. and Lin, Y.H., 2023. The effect of dietary lecithin and lipid levels on the growth performance, body composition, hemolymph parameters, immune responses, body texture, and gene expression of juvenile white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, *567*, 739260. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2022.739260
14. Miquel, M. and Browse, J., 1992. Arabidopsis mutants deficient in polyunsaturated fatty acid synthesis; Biochemical and genetic characterization of a plant oleoyl-phosphatidylcholine desaturase. *Journal of Biological Chemistry*, *267*(3), 1502–1509. DOI:10.1016/S0021-9258(18)45974-1
15. Moschetta, A., Xu, F., Hagey, L.R., van Berge-Henegouwen, G.P., van Erpecum, K.J., Brouwers, J.F., Cohen, J.C. and Bierman, M., Hobbs, H.H., Steinbach, J.H., Hofmann, A.F., 2005. A phylogenetic survey of biliary lipids in vertebrates. *Journal of Lipid Research*, *46*(10), 2221-2232. DOI: 10.1194/jlr.M500178-JLR200
16. Tocher, D.R., 2003. Metabolism and Functions of Lipids and Fatty Acids in Teleost Fish. *Reviews in Fisheries Science, 11*(2), pp.107-184. DOI: 10.1080/713610925
17. Tocher, D.R., Bendiksen, E.A., Campbell, P.J. and Bell, J.G., 2008. The role of phospholipids in nutrition and metabolism of teleost fish. *Aquaculture*, *280*, 21–34. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.04.034
18. Yan, M., Wang, W., Huang, X., Wang, X. and Wang, Y., 2020. Interactive effects of dietary cholesterol and phospholipids on the growth performance, expression of immune-related genes and resistance against Vibrio alginolyticus in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Fish and Shellfish Immunology*, *97*, 100-107. DOI: 10.1016/j.fsi.2019.11.048
19. Yu, Q., Fu, Z., Huang, H., Xu, C., Wang, X., Qin, J.G., Chen, L., Han, F. and Li, E., 2021. Growth, physiological, biochemical, and molecular responses of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* fed different levels of dietary selenium. *Aquaculture*, *535*, 736393. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.736393
20. Zhou, Q.C., Li, C.C., Liu, C.W., Chi, S.Y. and Yang, Q.H., 2007. Effects of dietary lipid sources on growth and fatty acid composition of juvenile shrimp, *Litopenaeus vannamei. Aquaculture Nutrition 13*(3), pp.222–229. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2007.00470.x
21. Zhu, W., Dong, R., Ge, L., Yang, Q., Lu, N., Li, H. and Feng, Z., 2023. Effects of dietary n-6 polyunsaturated fatty acids (PUFA) composition on growth performances and non-specific immunity in pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Reports*, *2*8, 101436. DOI: 10.1016/j.aqrep.2022.101436

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-870]